

UNA APROXIMACIÓN SEMÁNTICA A SISTEMAS DE INFORMACIÓN 3D PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE ACCESIBILIDAD EN PATRIMONIO CONSTRUIDO

JAVIER FINAT CODES *et ál.*

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y
Entorno [en línea]. 2010, Año 5, núm. 13 Junio. P. 91-110

ISSN: [1886-4805](https://doi.org/10.18866/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n13/Articles_PDF/ACE_13_SE_13.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/9200>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

A SEMANTIC APPROACH TO 3D INFORMATION SYSTEM FOR SOLVING ACCESSIBILITY PROBLEMS IN CULTURAL HERITAGE DOMAIN

Key words: 3D Information System, CityGML, Accesibility, Ontologies.

Abstract

Solving Accessibility problems in the built Cultural Heritage following “Design for All” principles requires an integration of tools (focused towards technicians and Administration) and functionalities (focused towards different kind of users, with special regard to dependent or disable people). The most important issues concern to interoperability between tools and the adaptation of already existing functionalities in complex monitored environments. Systems to be integrated concern to Documentation, Information and Management in regard to different functionalities (processes, services and applications) in the selected Architectural environment. Interoperability is a crucial issue for connecting different Systems in Architecture, Engineering and Construction environments. Context acknowledgement is the key for personalize contents to users, and provides guidelines for tasks to be developed in such context. It is necessary to solve interoperability between services and applications for assessing accessibility issues in monitored environments, with a special regard to indoor and outdoor scenarios. In this work, we develop a conceptual approach to interoperability issues in terms of an Ontology which is specifically designed for PATRAC Project. Our conceptual approach includes several knowledge areas involving the physical domain, users and tasks to be developed by users, with a special regard to technicians or dependent persons. This knowledge is represented according to OWL (Ontology Web Language) and provided in a Web service, which is being applied to Maritime Museum in Barcelona and in a small zone of the historic urban centre of Segovia, Spain.

UNA APROXIMACIÓN SEMÁNTICA A SISTEMAS DE INFORMACIÓN 3D PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE ACCESIBILIDAD EN PATRIMONIO CONSTRUIDO

MUÑOZ NIETO, María

MARTIN, Paloma

VALVERDE, Beatriz

MARTÍNEZ GARCÍA, Rubén

DELGADO DEL HOYO, Francisco Javier

HURTADO GARCIA, Antonio

MARTINEZ GONZÁLEZ, Mercedes

FINAT CODES, Javier¹

Remisión inicial: 17-03-2010

Remisión definitiva: 15-06-2010

Palabras Clave: SIG 3D, CityGML, Accesibilidad, Ontologías

Resumen

La resolución de los problemas de Accesibilidad al Patrimonio según los principios de "Diseño para Todos" requiere una integración de herramientas (orientadas a técnicos y Administración) y de funcionalidades (orientadas hacia diferentes tipos de usuarios, con especial atención a personas dependientes ó discapacitadas). Las cuestiones más importantes a resolver desde el punto de vista computacional afectan a la interoperabilidad entre herramientas y la adaptación de las funcionalidades ya existentes a entornos complejos monitorizados. Los Sistemas a integrar conciernen a la Documentación, la Información y la Gestión. La interoperabilidad es una cuestión crucial para conectar diferentes sistemas en entornos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. El reconocimiento del contexto es clave para la personalización de los contenidos referidos al entorno y los usuarios, así como para suministrar líneas maestras en relación con las tareas a desarrollar en dicho contexto. La asistencia en cuestiones de accesibilidad a técnicos y discapacitados en escenarios interiores y exteriores monitorizados debe resolverse mediante provisión de servicios a las aplicaciones.

En nuestra propuesta hemos desarrollado una aproximación conceptual a las cuestiones de interoperabilidad mediante una Ontología que ha sido diseñada específicamente para el Proyecto PATRAC. Esta Ontología integra conceptos relativos a conocimiento sobre el dominio

¹ **Javier Finat Codes:** Coordina las actividades de I+D del cluster DAVAP que agrupa el Grupo MoBiVAP y el LFA de la ETS de Arquitectura de la Univ.de Valladolid. Calle Real de Burgos, S/N 47011 Valladolid, España.
Correo email: jfinat@agt.uva.es.

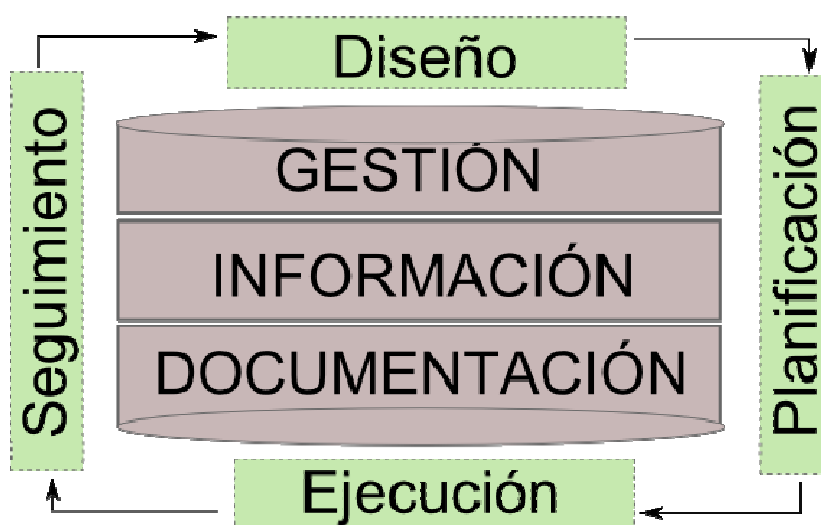
físico, usuarios y tareas de usuarios con una atención especial a técnicos y personas dependientes. El conocimiento ha sido representado en OWL (Ontology Web Language) y proporcionado a través de un servicio Web, actualmente aplicada al Museo Marítimo de Barcelona y una pequeña zona del casco histórico de la ciudad de Segovia.

1. Introducción

La integración de metodologías y herramientas relacionadas con los entornos AEC (Architecture, Engineering, Construction) plantea retos que afectan a aspectos temporales y espaciales, integración que requiere un marco 4D para su representación. Los aspectos *temporales* afectan a todo el ciclo de vida del proceso constructivo con fases tales como diseño, planificación, ejecución, seguimiento (incluyendo tareas de conservación y mantenimiento). Los aspectos *espaciales* afectan a los diferentes sistemas que intervienen a lo largo del ciclo de vida que pueden etiquetarse como Sistemas de Documentación, Información y Gestión. Para facilitar la integración se adopta un esquema embebido en el cual los Sistemas de Documentación proporcionan el soporte lógico para los Sistemas de Información y, a su vez, los Sistemas de Información están integrados dentro de los Sistemas de Gestión. La *arquitectura lógica* del sistema facilita la representación de los flujos entre los diferentes bloques horizontales (los 3 sistemas globales) y las fases del ciclo de vida. En la Figura 1 podemos ver la arquitectura lógica del sistema.

La aplicación del esquema anterior a un caso práctico, requiere especificar el *esquema funcional* correspondiente a las herramientas software. Para facilitar la actualización de la información correspondientes a los diferentes sistemas, el *esquema funcional* está conectado a una capa de dispositivos físicos con diferentes módulos de monitorización (redes de sensores para la captura de información) y módulos de dispositivos lógicos para *procesos* y *servicios*.

Figura 1. Arquitectura lógica del sistema y fases del ciclo de vida AEC



Fuente: MoBiVAP.

- El *módulo de procesos* incluye varios submódulos para procesamiento y análisis de información (capturada por sensores que proporcionan información multimodal), herramientas de modelado (a partir de la información procedente de dispositivos físicos con diferentes formatos multimedia), análisis (incluyendo minería de datos, identificación de patrones, Optimización Multicriterio) y herramientas de visualización (navegación, extracción de contenido, generación de informes). Todas las áreas relacionadas con este módulo afectan al espacio físico que proporciona soporte a las herramientas lógicas (modelado, diseño y software). Por ello, el módulo de procesos está orientado hacia técnicos ó personal experto en entornos AEC.

El *módulo de servicios* incluye varios submódulos para *comunicación* entre las diferentes componentes (físicas ó lógicas), acceso y gestión de *bases de datos* relacionales, provisión de servicios a diferentes *usuarios* (técnicos, administración, ciudadanos en general, personas con algún tipo de dependencia ó discapacidad) y soporte para las *tareas* a realizar (por cualquier tipo de usuario) en el entorno físico. Por ello, a diferencia del módulo de procesos, el módulo de servicios está enfocado hacia usuarios y tareas. Algunos de los *servicios* más destacables proporcionan localización (posición y orientación), información contextual basada en localización y perfil de usuario (dependiendo de infraestructura de comunicaciones y documentación disponible), información centralizada y colaborativa (obra y gabinete para el caso de los técnicos), etc. Algunos de los *procesos* más destacables afectan al guiado por el entorno (incluyendo recalculado dinámico de rutas), consulta ó aprendizaje de técnicas para intervenciones (incluyendo los correspondientes módulos de e-Learning o m-Training basado en dispositivos móviles), etc. El creciente desarrollo de infraestructura de red con acceso a Internet en entornos de trabajo y, de forma creciente, en entornos urbanos más amplios, permite implementar el módulo de servicios como *Servicios Web* (McIlraith, Son y Zeng, 2004), es decir, servicios que sólo requieren acceso a una Intranet (propia del entorno) ó a Internet; de este modo, las aplicaciones son independientes del dispositivo físico (utilizado para las comunicaciones), del sistema operativo y de las herramientas utilizadas para procesamiento y análisis (que sólo se encuentran en un servidor).

Actualmente, no existe en el mercado ninguna herramienta que integre la arquitectura lógica requerida en el primer párrafo con el esquema funcional descrito en el segundo párrafo. Esto es debido a múltiples factores entre los que destacan uno de tipo estructural (diferente orientación hacia el entorno ó los usuarios) y otros de carácter comercial tales como el software propietario, orientación hacia lógica de negocio ó de servicios, etc. Esta situación ha dado lugar a una gran diversidad de estándares tanto en el desarrollo de herramientas orientadas hacia la lógica de negocio -englobadas en el concepto Building Information Modelling (en adelante, BIM)- como en la lógica de servicios englobada dentro de Sistemas de Información Geográficos (en adelante, SIG), con estándares para cada uno de estos ámbitos. El creciente desarrollo de soluciones Open Source para BIM y GIS y la diversidad de estándares plantea la necesidad de resolver la interoperabilidad entre las soluciones correspondientes a cada uno de los ámbitos de aplicación orientados hacia el dominio o hacia los usuarios. La Programación Orientada a Objetos (en adelante, OOP) proporciona un marco computacional común para las soluciones Open Source relativas a BIM y GIS, con estándares basados en marcos de clases tales como Industry Foundation Classes (en adelante, IFC) y Graphics Markup Language (en adelante, CityGML) que son de uso común en el ámbito anglosajón para IFC y de uso creciente en la

Unión Europea para CityGML (recomendado como estándar por el Consorcio Geográfico Abierto (en adelante, OGC) en octubre de 2008.

La cuestión de la interoperabilidad entre diferentes estándares no es nueva. A finales de los noventa se plantean soluciones que afectan a GIS y CAD, con el consiguiente desarrollo de sistemas CAD basados en OOP. La interoperabilidad entre GIS y CAD requiere una referencia común a objetos físicos que se formula en términos de modelos geométricos; los modelos geométricos figuran como la capa vectorial dentro de GIS y como primitivas (con sus operaciones correspondientes) dentro de CAD. Por ello, desde un punto de vista de diseño, basta con referenciar la capa ráster de los GIS a la capa vectorial (algo común desde principios de los 90) y describir adecuadamente las primitivas geométricas en términos de “clases” para que se puedan gestionar en el marco OOP (mucho más fácil desde el punto de vista lógico, pero mucho más difícil desde el punto de vista comercial por el dominio del mercado de algunas marcas). La incorporación del punto de vista de la administración y la necesidad de desarrollo de aplicaciones (procesos y servicios) para ciudadanos en general requiere que las aplicaciones sean accesibles para el usuario ordinario, con visualización que facilite la información y gestión sobre interfaces gráficos comprensibles para la mayor parte de la población.

La capa semántica que se superpone y engloba todos los diferentes subsistemas es la clave para conseguir interoperabilidad. El marco CityGML dispone de una capa semántica de propósito general para facilitar la integración de procesos y servicios. La capa semántica es característica de la Web Semántica ó Web 3.0 para conseguir búsquedas inteligentes basadas en preferencias del sujeto y en las anotaciones contenidas en los documentos multimedia. La capa semántica permite pasar de una gestión de datos a una interpretación de los mismos, incluyendo diferentes funcionalidades.

La *capa semántica* facilita el acceso a los diferentes sistemas (Documentación, Información y Gestión) mediante palabras clave que etiquetan objetos presentes en los diferentes módulos de acuerdo con las funcionalidades (procesos y servicios) requeridos. Para simplificar, partimos de un número de palabras clave limitado, al que se llama *léxico*, con sus correspondientes “definiciones”, al que se llama, *glosario* ó *tesauro* (pueden no ser únicas, pues las palabras del lenguaje ordinario admiten diferentes descripciones). Para gestionar el conocimiento, las palabras representan nodos de un grafo y las definiciones relacionan varios nodos mediante aristas de dicho grafo ó, con más generalidad, como “camino” en el grafo (hipergrafos).

La gestión de la información y la generación de nuevo conocimiento se realiza mediante *taxonomías*, es decir, mediante conjuntos de reglas lógicas que pueden afectar a la verificación de (i) predicados asociados a objetos (lógica de clases), (ii) definiciones (lógica proposicional) o (iii) descripciones asociadas a objetos (lógica descriptiva). Cada lógica está incluida en la siguiente y la articulación del léxico, glosario y taxonomías constituye una Ontología.

El equipo de la Universidad de Valladolid ha desarrollado en el Proyecto PATRAC una ontología para facilitar la interoperabilidad entre las herramientas que afectan a los diferentes *sistemas* (Documentación 3D, Información y Gestión) y a las *funcionalidades* (procesos y servicios). El desarrollo de la ontología, junto a los servicios Web de gestión y el sistema de documentación 3D y gestión se encuadran dentro del subproyecto SP4 de PATRAC: Sistema

integrado de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la accesibilidad en el patrimonio. La Ontología desarrollada está enfocada directamente hacia cuestiones de Accesibilidad al Patrimonio, pero tiene un alcance bastante mayor, pues es aplicable a cualquier tipo de intervenciones en entornos AEC, con especial atención a tareas de conservación y restauración en Patrimonio Arquitectónico. En este trabajo se presenta el esquema de la Ontología junto con el sistema de información 3D y el servicio de consulta basados en ella.

2. Ontologías

Siguiendo a T. R. Gruber en su obra de 1993, podemos definir una ontología como “una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida”. Una conceptualización es un modelo abstracto del dominio o fenómeno del mundo que representa. La especificación explícita afecta a la descripción y representación del dominio concreto mediante conceptos, atributos y relaciones definidas explícitamente. La especificación formal consiste en la traducción a lenguaje legible por ordenador. Por último, el carácter compartido para la conceptualización y su representación formal deben de ser favorablemente acogida por todos los usuarios de la misma; ello implica que la ontología debe ser poblada y validada por los usuarios. Según el propósito, hay diversos tipos de ontología: general, de dominio, etc.

En nuestro trabajo entendemos por ontología una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida por diferentes repositorios. Los repositorios proporcionan el soporte para bases de datos que afectan a contenidos e intervenciones en Patrimonio. El propósito de nuestra ontología se basa en proporcionar un modelo de conocimiento que represente las condiciones de accesibilidad a entornos arquitectónicos del Patrimonio. La accesibilidad afecta a dos tipos básicos de usuarios: técnicos (para diseño, planificación y ejecución de las intervenciones) y las personas con algún tipo de discapacidad ó dependencia a las que se pretende facilitar el acceso. Con ello pretende dar soporte a herramientas que gestionen la información contenida en el Sistema de Información desarrollado en el marco del Proyecto PATRAC.

Existen diferentes lenguajes para representar la información de una ontología en la Web Semántica: RDF, RDFS, y OWL (Antoniou y Van Harmelen, 2004). La expresividad de RDF y RDF Schema es muy limitada: RDF está limitado a predicados binarios, y RDF Schema está limitado a una jerarquía de subclases y una jerarquía de propiedades, con su rango y dominio definidos. Ha sido necesario formalizar la ontología en OWL, debido a que RDF Schema no permite definir clases disjuntas. El proceso de desarrollo de la ontología ha sido realizado siguiendo la metodología especificada en Lake 2004, llamada *Methontology*, que comprende varias fases diferentes, etiquetadas como especificación (análisis de los requisitos siguiendo *NeOn Methodology* (Suárez-Figueroa, 2008), conceptualización, formalización, implementación y evaluación que afectan al Proceso de Construcción de una Ontología.

2.1 Requisitos de la Ontología

En esta primera fase del proceso de construcción de la ontología se debe realizar un análisis de las necesidades a las que se pretende dar respuesta con la ontología, con la intención de definir los requisitos de la misma. El propósito es proporcionar un modelo de conocimiento que represente las condiciones de accesibilidad de entornos arquitectónicos de Patrimonio. Se pretende con ello crear una herramienta para la gestión de la información contenida en el Sistema de Información construido en el marco del proyecto PATRAC.

2.2 Dominio de aplicación

El dominio de aplicación de la ontología PATRAC es el resultado de conectar tres subdominios:

- Descripción de un monumento que contemple tanto las características arquitectónicas como las características de accesibilidad del mismo, Ontología de dominio.
- Descripción de las intervenciones que pueden realizarse sobre el monumento con la finalidad de lograr una mejora tanto en las condiciones de accesibilidad como en la estructura arquitectónica, Ontología de tareas.
- Diferentes usuarios implicados en las intervenciones, Ontología de usuarios.

A continuación se muestra el listado de usuarios potenciales de la aplicación:

- *Técnicos*: profesionales encargados de la realización de intervenciones técnicas sobre el monumento.
- *Visitantes*: su interés por el monumento se centra en el disfrute del mismo. Para determinar el grado de accesibilidad (y, por tanto, de disfrute, es fundamental tener en cuenta las capacidades que posean los individuos para lo cual se establece la siguiente tipología de discapacidades: discapacidad física y discapacidad psíquica).
- *Proveedores de servicios*: profesionales cuya actividad tiene pro finalidad el diseño de intervenciones y/o servicios con objeto de facilitar, promover, dar a conocer, etc.; el patrimonio.
- Creador de contenidos.

Las posibles utilidades del conocimiento provisto por la ontología dependen del rol desempeñado por el usuario que lo vaya a utilizar. Por tanto:

- *Técnicos*: Introducción de la descripción de un monumento y su entorno; gestión de la información y del conocimiento derivado de su actividad: consultas, búsquedas documentales e informativas, etc.; análisis del entorno arquitectónico sobre el que se pretende intervenir; así como propuestas de soluciones de intervención sobre el monumento y su entorno en términos de técnicas no destructivas o semi-destructivas.
- *Visitantes*: consultas relacionadas con el acceso al monumento; consultas sobre monumentos relacionados con el área geográfica.
- *Proveedor de servicios*: búsquedas de información y análisis del patrimonio para diseñar posibles actividades o servicios.

- Creador de contenidos: búsqueda y selección de contenidos de interés.

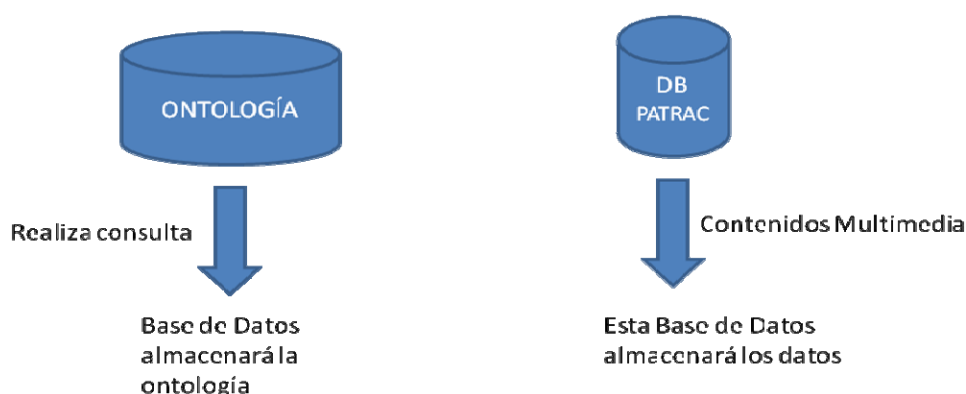
Una vez realizado el estudio previo de las necesidades y requisitos de la ontología, se aborda el análisis del dominio o parcela de la realidad que se pretende conceptualizar con el objetivo de crear la representación conceptual que más interese al proyecto. Toda realidad puede ser vista desde diferentes ángulos: depende de las necesidades detectadas a las que se pretende dar respuesta. Todo ello otorga una identificación de clases, propiedades y relaciones (junto a restricciones) entre las clases previas definidas, proporcionando una conceptualización de ontología.

2.3 Implementación

La elección del marco de trabajo más apropiado para gestionar la ontología se ha basado en un estudio previo, en el que se ha considerado Sesame (OPENRDF, 2009), Mulgara (Mulgara, 2008), AllegroGraph (Franz Inc., 2008) y Jena (SOURCEFORGE, 2009). Los tres primeros permiten gestionar datos RDF (W3C Consortium, 2004), sin embargo, la ontología desarrollada en este trabajo requiere OWL (W3C Consortium, 2006), por lo que el desarrollo se ha realizado utilizando Jena. Jena es un marco de trabajo en java para construir aplicaciones de la Web Semántica (Web 3.0). Proporciona un entorno de programación para RDF, RDFS, OWL y SPARQL (W3C Consortium, 2008) e incluye la inferencia basada en reglas. Asimismo, permite manipular y consultar ontologías persistentes².

El sistema utiliza dos bases de datos, una primera en la que se almacena la ontología, y que será gestionada a través de Jena, y una segunda donde se almacena la información semántica y multimedia asociada a bienes patrimoniales. En la figura 2 se muestra un esquema con las bases de datos anteriormente citadas.

Figura 2. **Ontología y bases de datos**



Fuente: Grupo MoBiVAP.

² Ontologías almacenadas en una base de datos relacional.

3. Sistema de Información 3D. El marco CityGML

La información y gestión de entornos urbanos en 3D es un aspecto de gran relevancia actualmente. Los sistemas de información geográfica tradicionalmente en 2D son un reto ampliamente superado y el modelado urbano es demandado actualmente por muchas instituciones públicas o privadas como forma de documentación de bienes culturales o patrimoniales.

Debido al enorme volumen de datos que requieren estos modelos lleva a la necesidad de disponer de información a diferente resolución y proporcionar contenidos contextuales al usuario (próximos a sus necesidades y a su posición). Por un lado presenta la necesidad de herramientas que permitan generar modelos a baja resolución reduciendo los datos adquiridos mediante dispositivos láser de escaneo 3D de largo alcance (LIDAR, 2006), pero por otro lado requiere disponer de un modelo estándar de que permita representar no sólo la geometría de los modelos, sino también información semántica acorde con el futuro (Web 3.0).

En este trabajo se presentará la Gestión de Información Relacionada con el Análisis Previo de las Intervenciones en Monumentos (en adelante, GIRAPIM), cuyo objetivo es aprovechar los modelos geométricos diseñados mediante cualquiera de las herramientas CAD existentes (Blender, 3D Studio, Maya, Google SketchUp, etc.) para añadir anotación semántica. Las cuestiones de interoperabilidad con otros sistemas SIG requieren seguir estándares abiertos como CityGML. GIRAPIM permite exportar los resultados en este formato.

3.1 Sistema de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica son plataformas que incluyen software, hardware y procedimientos diseñados para soportar la captura, gestión, análisis y representación de la información espacial geográficamente referenciada aplicados a la resolución de problemas relacionados con la planificación y gestión del territorio.

GIRAPIM proporciona un marco para la documentación de problemas de accesibilidad y la gestión de entornos urbanos a pequeña escala. Además, nuestro SIG virtual permite resolver varios problemas relacionados con la incorporación de información semántica a la geometría del modelo a diferente nivel de detalle. Se trata de una herramienta que permite añadir, almacenar, gestionar, administrar, analizar, acceder, mostrar y editar datos en representaciones 3D de entornos patrimoniales con problemas de accesibilidad.

3.2 CityGML

CityGML (Open Geospatial Consortium, 2007) es un modelo de datos para la representación de entornos urbanos en 3D que permite representar información semántica, geométrica y apariencia gráfica al mismo tiempo. Se trata de un concepto innovador pensado para el intercambio de modelos urbanos entre 2 sistemas que utilizan un vocabulario o conceptos diferentes. Ha sido adoptado como estándar a nivel internacional por el consorcio Open

Geospatial Consortium (en adelante, OGC). Está basado en un modelo de información semántica muy rico, de propósito general, pero que se asienta sobre información geométrica y gráfica.

Provee características para representar aspectos temáticos, taxonomías y agregaciones de datos, soportando hasta cinco niveles de detalle diferentes para adaptarse a la escala de representación que demande cada aplicación. Esto permite la visualización y el intercambio de información entre diferentes sistemas hardware (servidores, PC, SmartPhones, etc.) porque el nivel de detalle es independiente de la semántica.

La elección de CityGML se debe a que es un modelo multifunción al permitir almacenamiento de datos, modelado de bases de datos, intercambio de datos y sirve de base para sistemas de información geográficos. Para dominios específicos, como los problemas de accesibilidad en entornos urbanos, proporciona mecanismos de extensión para enriquecer el modelo y relacionar esa información con los aspectos estándar de su modelo de datos preservando la interoperabilidad semántica del formato.

La semántica de datos proporciona un marco general para articular aspectos de entidades, las estructuras relacionales y el rol que juegan las relaciones de estas entidades en sistemas complejos. Para facilitar la colaboración entre diferentes sistemas de información es necesario diseñar un servicio y un gestor de procesos sobre los modelos 3D. Esto ayudaría a mejorar las comunicaciones entre diferentes agentes y a asegurar la interoperabilidad entre las diferentes herramientas software y plataformas asociadas a sistemas de información en entornos urbanos (Hendler, 2001). Para conseguir esta aproximación semántica está basada en especificaciones de diversas Ontologías.

3.3 Modelado de Información 3D

Las etapas de procesamiento y análisis de información colocan el modelado 3D en un primer plano. En nuestro caso hemos adoptado la aproximación basada en información discreta, aprovechando la precisión métrica para crear modelos realistas. La detección de primitivas 3D desde información proveniente de densas nubes de puntos sigue una estrategia similar al caso 2D: filtrado, análisis local y agrupamiento, donde los parámetros críticos son la linealidad y proximidad de vectores con dirección.

Los dispositivos LIDAR proporcionan densas nubes de puntos en 3D que almacenan información geométrica (coordenadas espaciales) y radiométrica (un canal para intensidad en escala de grises y 3 canales RGB).

Esta información no contiene estructura topológica que permita representar la gran cantidad de información capturada (del orden de GB) en sistemas de información geográficos donde no se requiere ese nivel de detalles.

Una de las herramientas que hemos desarrollado nos permite procesar densas nubes de puntos para extraer de forma semiautomática los planos dominantes: polígonos planos

etiquetados como fachadas, suelos y tejados enlazados en un politopo simplificando la representación de la nube de puntos (del orden de KB).

Después ese politopo permite generar la segmentación volumétrica del modelo urbano, es decir, la descomposición de la escena 3D en una unión finita de superficies sólidas con contorno recortado. De este modo aprovechamos la gran precisión métrica que proporciona el dispositivo de escaneo para crear representaciones realistas del modelo urbano.

El último paso para completar el modelo 3D consiste en la generación de sólidos y del modelo urbano mediante herramientas CAD y de modelado gracias a la interoperabilidad de los formatos DXF y COLLADA a los que permite exportar la herramienta.

GIRAPIM utiliza los modelos de edificios, con diferentes niveles de detalle y de complejidad dependiendo de las necesidades del usuario, siguiendo una filosofía anexa a la propuesta por Parish y Muller en 2001. Usar múltiples resoluciones permite que los datos semánticos disponibles sean compatibles entre sí. Por ejemplo, una catedral puede representarse mediante un simple cubo para una vista aérea o mediante un modelo complejo basado en mallas triangulares para una visualización del interior del escenario.

Una vez elaborado el modelo mediante esta aproximación híbrida basada en completar la detección de planos dominantes con herramientas CAD, el siguiente problema es proveer servicios relacionados con sistemas de información 3D en entornos de Architecture, Engineering, Construction (en adelante, AEC).

3.4 Anotación semántica

Los sistemas de información 3D utilizan como soporte la geometría del modelo y la apariencia que proporcionan información métrica y radiométrica sobre el entorno permitiendo su visualización y representación de forma realista, pero limitando la comprensión de la información por parte de las computadoras. Para resolver este problema necesitamos superponer sobre esta capa contenidos semánticos referidos a la geometría. Sólo así un agente computacional software puede entender que paralelepípedo es una columna o que una forma geométrica compleja representa una escultura dentro de monumento a la que un visitante puede acceder.

Además, los contenidos referenciados geográficamente pueden ser consultados y visualizados de forma interactiva por un visitante sobre un dispositivo móvil. La información sobre el contexto del usuario (posición, discapacidad, tarea, fecha/hora) permite al sistema realizar análisis de datos utilizando criterios como la proximidad, la altitud o la forma para acabar proporcionando resultados relevantes y adaptados a las necesidades de cada usuario.

La interoperabilidad e integración de herramientas, servicios o sistemas dentro de PATRAC y en el patrimonio cultural es también tema de investigación actual. En este sentido, GIRAPIM permite exportar la información semántica del sistema siguiendo el esquema XML del estándar CityGML. La inclusión de conceptos específicos del dominio de accesibilidad (derivados de la

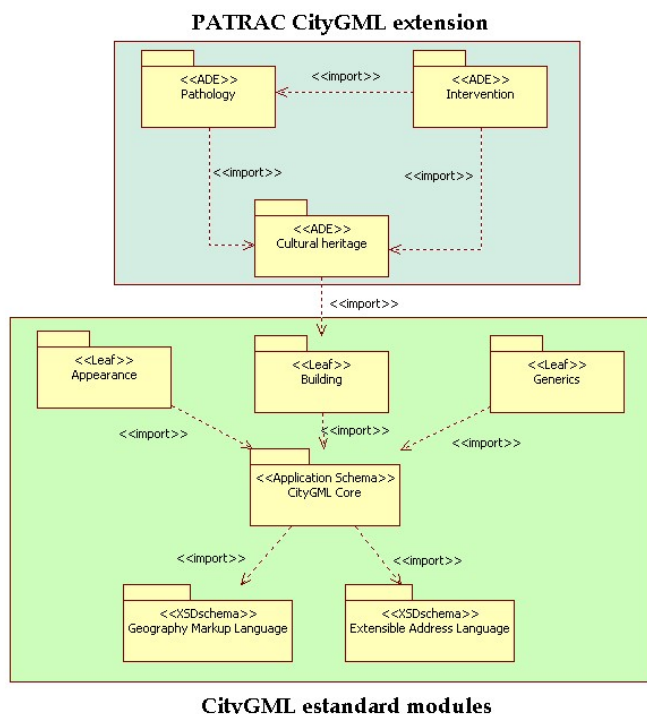
Ontología de PATRAC) obliga a extender CityGML con los mecanismos provistos para ello al ser conceptos alejados del propósito general.

Esta extensión del esquema original es abierta, publicada bajo XML para mejorar y facilitar su difusión, adaptación y reutilización en futuros sistemas de información. XML facilita la adopción y comprensión del modelo ya que el estándar para el intercambio de datos en la Web entre sistemas y servicios. Sin embargo, presenta el inconveniente del excesivo tamaño de los ficheros de intercambio cuando éstos contienen múltiples resultados de búsqueda.

La Figura 3 presenta la extensión semántica Application Domain Extension (en adelante, ADE) de CityGML desarrollada para representar la información relacionada con problemas de accesibilidad en entornos urbanos. Las clases, relaciones y atributos de la extensión provienen de los conceptos identificados durante la etapa de especificación del dominio de aplicación de la ontología PATRAC (véase sección 2.2). En el esquema de la figura observamos que la extensión para patrimonio cultural se superpone a los módulos básicos de CityGML, completando las carencias del estándar para la representación de patrimonio, patologías y problemas de accesibilidad al entorno.

El módulo “Appearance” proporciona soporte para representar la apariencia, mientras que la geometría subyace en una capa inferior llamada “CityGML Core” que reutiliza otro estándar del OGC, llamado Geography Markup Language (en adelante, GML) para representar las primitivas geométricas del modelo también en XML.

Figura 3. ADE para CityGML



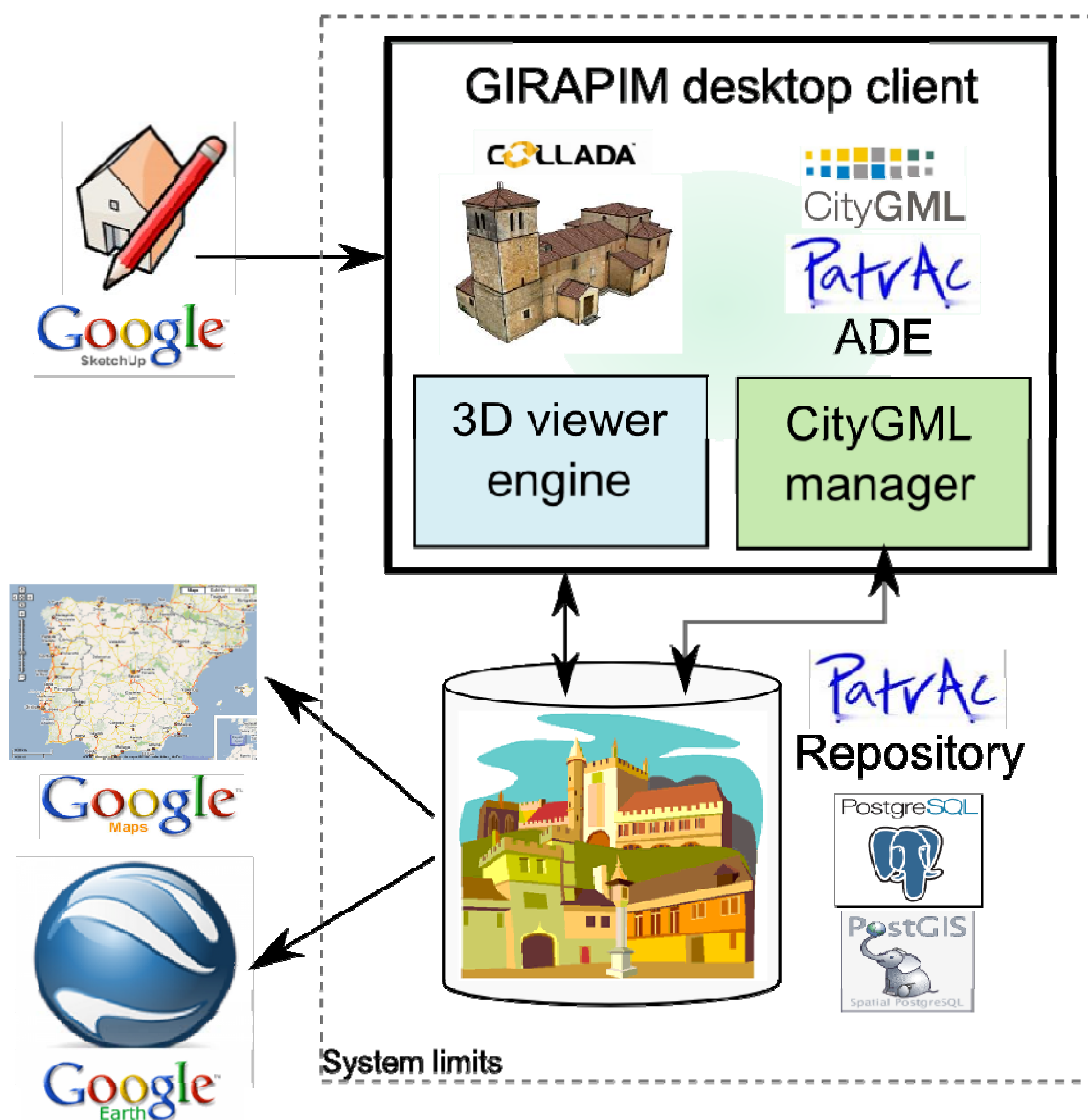
Fuente: Grupo MoBiVAP.

4. GIRAPIM

4.1 Características del sistema

Con el fin de no asociar este proyecto con ninguna empresa ni formato o archivo propietario, GIRAPIM sólo utiliza estándares abiertos para la interoperabilidad y el intercambio de información en la Web. En la Figura 4 se puede observar una visión general de la arquitectura de GIRAPIM.

Figura 4. Arquitectura global de GIRAPIM



Fuente: Grupo MoBiVAP.

4.2 Arquitectura

GIRAPIM es una herramienta de escritorio debido a la información detallada del modelo utilizado para la representación de interiores de edificios en entornos acotados de patrimonio cultural y bienes patrimoniales. Como se puede observar en la Figura 4, está formado por varios componentes donde destacan el visualizador, la base de datos y el módulo gestor de CityGML. A continuación describiremos cada uno de ellos:

- **Visualizador:** habilita la visualización de anotaciones semánticas y de la geometría del modelo 3D. Basado en la tecnología de renderizado de OpenGL (estándar Khronos Group) que muestra la superposición de diferentes capas de información: geometría y semántica. Al mismo tiempo, este componente es el responsable de la recolección y selección de objetos en la escena mediante el uso del ratón.
- **Repositorio:** diseñado para apoyar a la vez, el vocabulario y la ontología de CityGML. PATRAC es el repositorio central de contenido para los escenarios donde se detectan problemas de accesibilidad. La información contenida es gestionada mediante GIRAPIM pero se utiliza por parte de otros servicios de PATRAC. Este repositorio es compatible con el sistema de gestión de bases de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS activada para poder gestionar información geográfica.
- **Gestor de CityGML:** este modulo se encarga de la interoperabilidad con el estándar CityGML, codificando el contenido del repositorio en ficheros con el formato CityGML. Este trabajo se puede realizar gracias a la extensión del estándar “PATRAC Cultural Heritage ADE” desarrollado para CityGML. Las entidades básicas de CityGML sumadas a las nuevas propuestas en el ADE pretenden cubrir completamente el vocabulario propuesto en la Ontología desarrollada para PATRAC por lo que la misma información puede ser exportada manteniendo el significado que se le ha otorgado en la base de datos. Estos archivos que se generan tienen la ventaja de ser compatibles con cualquier servicio CityGML aunque solamente se puede analizar la información contenida por este ADE en aplicaciones que soporten esta extensión de la norma.

4.3 Interoperabilidad

COLLABorative Design Activity (en adelante, COLLADA) es un formato abierto de intercambio de archivos de gráficos 3D interactivos (Nocturna, 2008), gestionado por el consorcio del grupo Khronos. Se define un esquema XML para el intercambio de gráficos digitales entre aplicaciones. Originalmente creado por Sony, hoy es compartida entre Sony y Khronos Group y está apoyada por múltiples estudios de juegos, motores gráficos y software de modelado (por ejemplo, 3D Studio, Maya o CityEngine). GIRAPIM es una herramienta para la anotación semántica de modelos más o menos complejos que delega la tarea de modelado en software específico bien sea libre o comercial. Un archivo COLLADA (extensión .DAE) es importado y visualizado por GIRAPIM para la representación detallada de entornos patrimoniales, especialmente centrado en el detalle para interiores de edificaciones.

GIRAPIM también soporta la importación de ficheros de intercambio de datos de Google Earth (extensión .KMZ). Debido a que los archivos KMZ contienen modelos COLLADA (adoptado desde la versión 4.0 de Google Earth) el usuario puede anotar los modelos que después visualizará y navegará dentro de Google Earth. Esto se puede realizar en cualquier navegador Web que tenga instalado el plug-in de Google Earth con el fin de simplificar el acceso y la visualización de información semántica. Además, los archivos KMZ pueden generarse fácilmente con la herramienta Google SketchUp, libremente accesible por cualquier usuario. La misma información semántica puede ser representada sobre Google Maps, facilitando el acceso a la misma a través de dispositivos móviles.

La anotación semántica permite la traducción del modelo geométrico 3D al modelo semántico en CityGML. Por lo tanto, CityGML incluye la posición geográfica de la información semántica en un enfoque de doble vista con el fin de apoyar múltiples tareas como el razonamiento espacial, detección de problemas o suministro de información 3D basada en el contexto. Una vez más, CityGML es un estándar abierto que permite la creación de servicios Web a fin de transferir información semántica 3D entre muchos sistemas de propuestas diferentes.

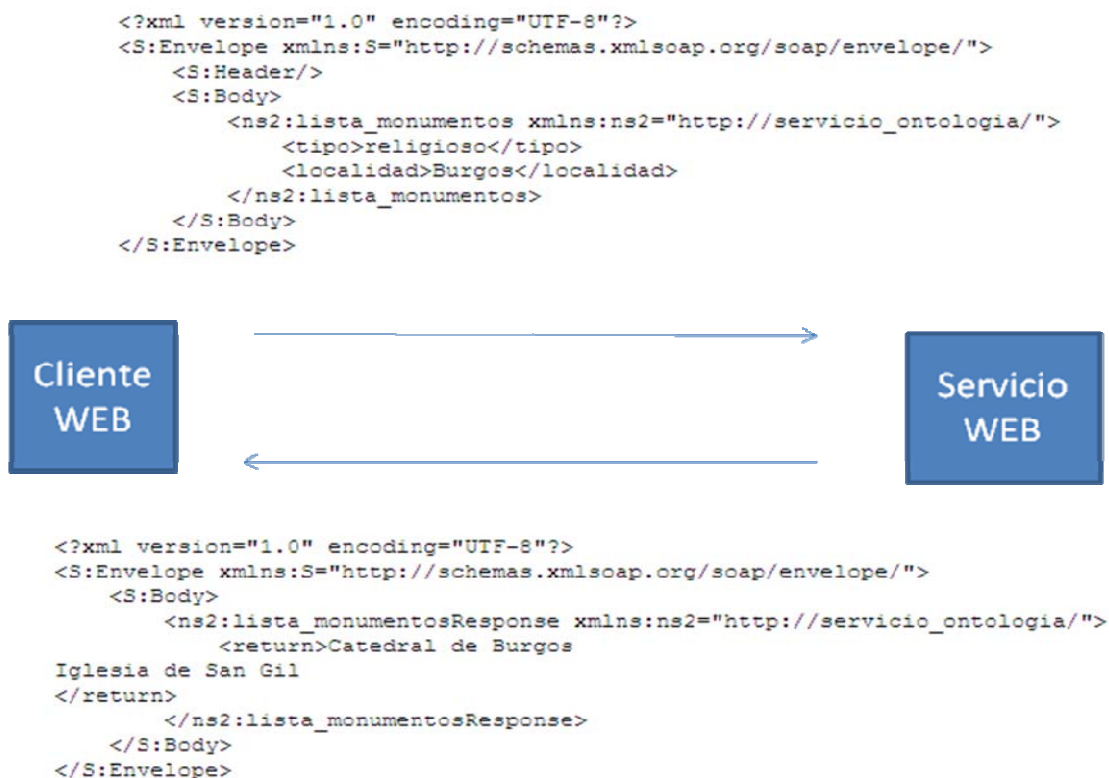
5. Servicios Web

La *World Wide Web Consortium* define un servicio Web como “un sistema de software diseñado para soportar interacción interoperable máquina a máquina sobre una red. Este tiene una interfaz descrita en un formato procesable por una máquina (específicamente WSDL). Otros sistemas interactúan con el servicio Web en una manera prescrita por su descripción usando mensajes SOAP, típicamente enviados usando HTTP con una serIALIZACIÓN XML en relación con otros estándares relacionados con la Web” (W3C Consortium, 2004). Algunas de las ventajas que proporcionan los servicios Web son:

- Aporta interoperabilidad entre aplicaciones de software independientemente de sus propiedades o de las plataformas sobre las que se instalen.
- Permite que servicios y software de diferentes compañías ubicadas en diferentes lugares geográficos puedan ser combinados, fácilmente, para proveer servicios integrados.
- Permite la interoperabilidad entre plataformas de distintos fabricantes por medio de protocolos estándar y abiertos.

En la Figura 5 se muestra un ejemplo de la interacción entre un cliente y un servicio Web a través del protocolo SOAP. En este ejemplo, el cliente Web solicita los monumentos religiosos en la ciudad de Burgos, como se puede observar en el campo *Body* de la petición del cliente. El servicio Web devuelve dichos monumentos: Catedral de Burgos, Iglesia de San Gil, etc., como se puede observar dentro del campo “return” de la respuesta del Servicio Web.

Figura 5. Interacción entre un cliente y un servicio Web basado en SOAP



Fuente: Grupo MoBiVAP.

5.1 Arquitectura Software

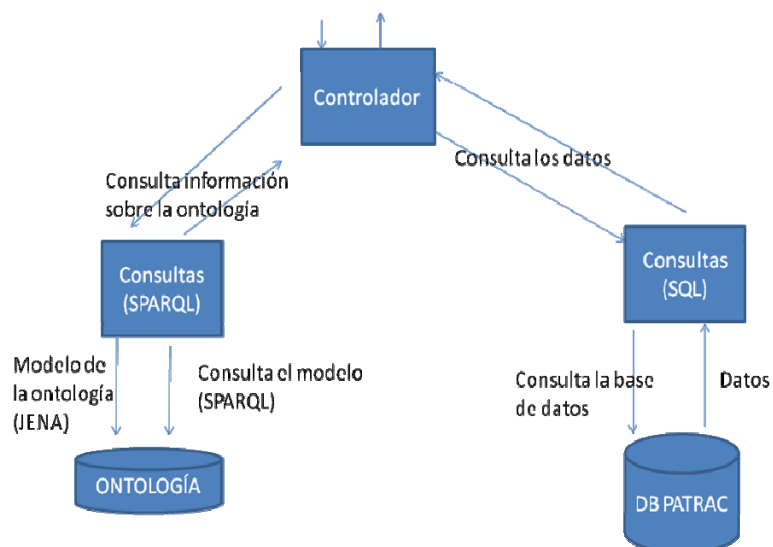
La arquitectura software del servicio Web está basada en tres componentes, como se puede ver en la Figura 5.

1. La primera componente recibe las peticiones de los clientes Web y realiza la gestión de las mismas.
2. La segunda componente se ocupa de gestionar la ontología, primero obteniendo el modelo de la ontología a través de Jena y, seguidamente, consultando dicho modelo para obtener información relevante, según la petición del cliente a través de SPARQL.
3. La tercera componente realiza la consulta en SQL para obtener los contenidos multimedia adecuados, sobre la base de datos relacional, para la petición del cliente Web.

El controlador consulta a través del gestor de la ontología, información sobre la ontología para poder realizar el razonamiento adecuado. A continuación recupera, mediante una consulta

SQL, los datos necesarios basándose en la información obtenida de la ontología. En la Figura 6 se muestra un esquema de la arquitectura software del Servicio Web.

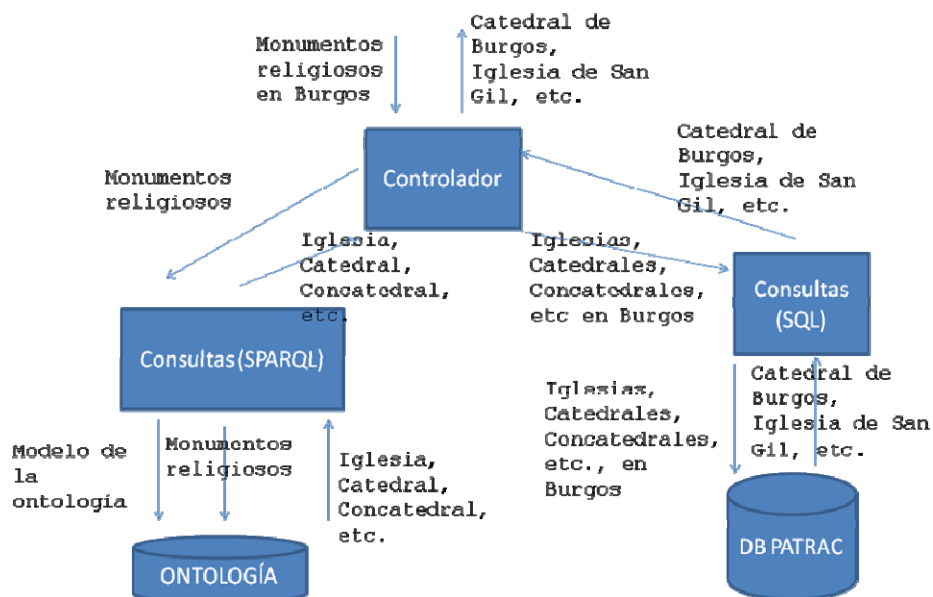
Figura 6. **Arquitectura software del servicio Web**



Fuente: Grupo MoBiVAP.

Siguiendo el mismo ejemplo de la sección anterior, es decir, listado de monumentos religiosos en Burgos, la Figura 7 muestra la interacción entre los distintos componentes de la arquitectura software del Servicio Web. El primer componente, Controlador, consulta los monumentos religiosos al segundo componente, Consultas (SPARQL), que recupera el modelo de la ontología a través de Jena.

Figura 7. Ejemplo de interacción de los componentes de la arquitectura software



Fuente: Grupo MoBiVAP.

A continuación, realiza una consulta en el lenguaje SPARQL sobre el modelo de la ontología, preguntando por los monumentos religiosos y obteniendo como resultado: Iglesia, Catedral, Concatedral, etc. El Controlador utiliza este resultado para obtener las Iglesias, Catedrales, Concatedrales, etc., situadas en Burgos a través del tercer componente, Consultas (SQL), que recupera todos los datos relativos a estos monumentos de la base de datos relacional. Finalmente, el controlador devuelve los resultados de esa consulta al cliente que realizó la petición en formato XML, facilitando su interpretación y mejorando la interoperabilidad.

6. Conclusiones

En este trabajo se presenta una solución para integrar Sistemas de Documentación, Información y Gestión correspondientes a intervenciones en entornos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Esta integración necesita resolver varios problemas de interoperabilidad y comunicación que motivan el desarrollo de un marco semántico común. En este sentido, se exponen las líneas maestras de una Ontología específica que permite gestionar Sistemas de Documentación 3D y los Sistemas de Información dentro del marco del estándar CityGML desde el punto de vista de la Accesibilidad.

La implementación de la solución ha sido realizada siguiendo un enfoque modular que proporciona soporte para funcionalidades relacionados con procesos de procesamiento y análisis de la información y servicios para asistencia a técnicos y a personas dependientes ó

discapacitadas. El enfoque modular y la arquitectura del sistema garantizan que la solución es escalable y accesible desde diferente tipo de dispositivos con diferentes prestaciones. Además, el uso de estándares como CityGML garantiza la compatibilidad con futuros desarrollos propios o ajenos y la aceptación de la extensión desarrollada basada en la ontología.

Las pruebas de concepto realizadas muestran como la provisión de contenidos adaptados al contexto del usuario y la detección de problemas de accesibilidad facilitan el acceso al patrimonio, aumentando previsiblemente el número de visitantes sea cual sea su discapacidad. Además el soporte para intervenciones que incrementen el valor cultural del patrimonio ayuda en la planificación y gestión de los procesos de intervención asociados (incluido seguimiento).

Desde el punto de vista computacional, el etiquetado de los objetos con un vocabulario controlado facilita la gestión de la información y el razonamiento mediante ontologías, además del intercambio de información con otras aplicaciones como en la monitorización o sensorización del entorno. Del mismo modo, este etiquetado permite realizar búsquedas más inteligentes por conceptos, en vez de por palabras clave, proporcionando resultados más relevantes y fiables al usuario. Sin embargo el proceso de anotación manual es caro y costoso, relegando gran parte de la responsabilidad y fiabilidad de la información en el usuario, dificultando la creación de contenidos ricos. Actualmente se trabaja en la investigación de cómo reconocer estos conceptos de forma automática, utilizando imagen, vídeo o láser 3D. La provisión de estas herramientas y otras relacionadas a través de un único portal Web de acceso que proporcione soporte a las actividades relacionadas con Accesibilidad es un reto en el que estamos trabajando actualmente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto Singular Estratégico "Patrimonio Accesible: Por una I+D+i sin barreras" (PATRAC) del Ministerio de Ciencia e Innovación, Ref^a PSE 380000-2009-002. El Proyecto PATRAC está coordinado por Geocisa y tiene una cofinanciación de fondos FEDER para el ejercicio de 2009.

Bibliografía

ANTONIOU, Grigoris y VAN HARMELEN, Franh. *A Semantic Web Primer*. Londres, Massachusetts Institute of Technology, 2004. 238 p.

FRANZ Inc. *AllegroGraph RDFStore Web 3.0's Database*. [En línea] Disponible en: <<http://www.franz.com/agraph/allegrograph/>>. [Consulta: 22 de febrero de 2010].

GRUBER, Thomas R. *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*. En: Knowledge Acquisiton, 5(2): 199-200, April 1993. [Véase: *What is an Ontology?* Disponible en: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>> y *A Translation Approach to*

Portable Ontology Specifications. Disponible en: <<http://tomgruber.org/writing/ontologia-kaj-1993.pdf>>.

HENDLER, James. *Agents and semantic Web*. En: IEEE Intelligent Systems, 16(2): 30-37, Mar./Apr. 2001.

LAKE, R. *Geography mark-up language (GML)*. Willey, 2004.

LIDAR. *A White Paper of Lidar Mapping* [En línea] Disponible en: <<http://www.ambercore.com/files/TerrapointWhitePaper.pdf>>. Terrapoint, [Consulta: 10 de Marzo de 2010].

MCILRAITH, Sheila.A., SON, Tran Cao y ZENG, Honglei *Semantic Web Services*. En: IEEE Intelligent Systems, 16(2): 46-53, Mar./Apr. 2001.

MULGARA Semantic Store. [En línea] Disponible en: <<http://www.mulgara.org/>>. [Consulta: 22 de febrero de 2010].

NOCTURNA. *NocturnalR: modelado a través del estándar de representación COLLADA* [En línea] Disponible en: <<http://www.assembla.com/wiki/show/reubencorp/Introducci%C3%B3n>>. [Consulta: 2 de Marzo de 2010].

OPEN Geospatial Consortium. *CityGML OGC Standard Specification* [En línea] Disponible en: <<http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>>. [Consulta: 22 de febrero de 2010].

OPENRDF *User Guide for Sesame 2.3* [En línea] Disponible en: <<http://www.openrdf.org/doc/sesame2/2.3.1/users/index.html>>. [Consulta: 22 de febrero de 2010].

PARISH, Yoav I. H. y MULLER, Pascal. *Procedural Modelling of Cities*. En: Annual conference on computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '01). (28, 2001, New York, USA). New York, USA. ACM. 2001. pp. 301-308.

SOURCEFORGE *Jena Semantic Web Framework*. [En línea] Disponible en: <<http://jena.sourceforge.net/>>. [Consulta: 22 de febrero de 2010].

SUÁREZ-FIGUEROA, M. C. et al. *NeOn Deliverable D5.4.1. NeOn Methodology for Building Contextualized Ontology Networks*. NeOn Project ,Ontology Specification, Cap. 5, Febrero 2008, pp. 40-63. Disponible en: <<http://www.neon-project.org>>.

W3C Consortium. *OWL Web Ontology Language Overview* [en línea] Disponible en: <<http://www.w3.org/TR/owl-features/>>. [Consulta: 22 de Febrero de 2010].

W3C Consortium. *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax* [en línea] 10 de febrero de 2004, disponible en: <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/>>. [Consulta: 22 de febrero de 2010].

W3C Consortium. *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema* [En línea] 10 de Febrero de 2004, disponible en: <<http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>>. [Consulta: 22 de Febrero de 2010].

W3C Consortium. *Web Services Architecture* [En línea] 11 de Febrero de 2004. Disponible en: <<http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/#whatis>>. [Consulta: 22 de febrero de 2010].

W3C Consortium. *SPARQL Query Language for RDF* [En línea] 15 de Febrero de 2008. Disponible en: <<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>>. [Consulta: 26 de Febrero de 2010].